

Krista Linnasalmi

Julkisivupinnoitteen ominaisuuksien vaikutus veden kulkeutumiseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Materiaali- ja
pintakäsittelytekniikka
Insinöörityö
30.05.2012

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Krista Linnasalmi Julkisivupinnoitteen ominaisuuksien vaikutus veden kulkeutumiseen 25 sivua + 7 liitettä 30.05.2012
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Materiaali- ja pintakäsittelytekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Lehtori, Timo Laitinen Tutkimuspäällikkö, Leif Wirtanen
<p>Tämän opinnäytetyön aiheena oli julkisivupinnoitteen ominaisuuksien vaikutus veden kulkeutumiseen pinnoitteessa. Tavoitteena oli selvittää, millaisin muutoksin silikonihartsipinnoitteen valmistuskaavassa voidaan vaikuttaa sen vedenläpäisyominaisuuksiin. Työssä koestettiin myös testimenetelmiä, jotta voitaisiin tarkemmin määritellä pinnoitteille soveltuvat kuivumisajat sekä huuhtelut standardien antaman vaihtelun puitteissa. Lisäksi työssä vaihdettiin valmistuserää, testialustaa sekä työstäjää, jotta saatiin selville, onko näillä vaikutusta pinnoitteen ominaisuuksiin. Valmiiden tuotteiden testaus suoritettiin standardien SFS-EN 1062-3 ja SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti, ja tuloksia verrattiin standardin SFS-EN 15824 määrittelemiin luokitusarvoihin pinnoitteiden vedenabsorptiosta ja vesihöyrynläpäisevyydestä.</p> <p>Tulosten avulla saatiin selville, että vaihtamalla sideainetta ja muuttamalla sideainesuhteita voidaan eniten vaikuttaa silikonihartsipinnoitteen vedenläpäisyominaisuuksiin. Tulosten perusteella löytyi myös joitakin muita muutoksia valmistuskaavaan, jolla voidaan vaikuttaa veden kulkeutumiseen pinnoitteessa. Lisäksi voitiin suositella muutoksia, joilla tuotekehittelyä kannattaa jatkaa. Tuloksista nähtiin myös se, että standardin mukaisesti suoritettujen testien tulokset ovat vertailukelpoisia sekä aiemmin saatuihin tuloksiin että keskenään, riippumatta valmistuserästä tai työstäjästä. Kuivumisajaksi varmennettiin sopivan aiemminkin käytetty 28 vuorokautta. Huuhteluiden sekä alustan vaikutuksesta suositeltiin testitulosten perusteella tehtävän lisätutkimuksia.</p> <p>Työn tavoitteet täyttyivät hyvin ja tulokset olivat sekä käyttökelpoisia että hyödyllisiä tulevan tuotekehityksen kannalta.</p>	
Avainsanat	vedenabsorptio, vesihöyrynläpäisevyys, julkisivupinnoite, kosteus, silikoniharts

Author(s) Title	Krista Linnasalmi The effect of façade coating properties on water migration
Number of Pages Date	25 pages + 7 appendices 30. May 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Materials Technology and Surface Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Timo Laitinen, Senior Lecturer Leif Wirtanen, Research Manager
<p>The subject of this thesis was the effect of façade coating properties on water migration. The objective was to find out what kinds of changes to the manufacturing formula of a silicone resin coating have an impact on the coating's water penetration properties. The thesis project also experimented with the testing methods to determine more accurately the drying and rinsing periods suitable for façade coatings. In the project the manufacturing batch, the testing substrate and the person coating the substrate were varied to study if these factors have an impact on the water penetration properties. The testing of the products was carried out according to standards SFS-EN 1062-3 and SFS-EN ISO 7783-2. The results were compared to the classification values of liquid water permeability and water-vapour transmission permeability given in the standard SFS-EN 15824.</p> <p>The results showed that the most impact on the water penetration properties was gained by changing the binder and modifying the ratio of the binders. The results also indicated that some other changes to manufacturing formula had an impact on water migration. On the basis of the results, it was possible to recommend changes that product development can process in the future. The results also confirmed that if tested according to the standards, the results are comparable with each other and also to prior results, regardless of the manufacturing batch or the person coating the substrate. It was also verified that the drying time of 28 days, which was also used earlier, was suitable. More studies are needed to be done to confirm the impact the substrate and rinsings have on water migration.</p> <p>The objectives of this thesis project were filled well, and the results were both usable and beneficial in future product development.</p>	
Keywords	liquid water permeability, water-vapour transmission permeability, façade coating, moisture, silicone resin

Sisällys

1	Johdanto	1
Teoriaosa		
2	Kosteuden lähteet ja siirtyminen	2
2.1	Kondensoituminen	2
2.2	Diffuusio	2
2.3	Konvektio	3
2.4	Muita kosteuden siirtymismuotoja	3
2.5	Hygroskooppisuus	4
3	Julkisivupinnoitteen komponentit	4
3.1	Sideaine	5
3.2	Liuottimet vesiohenteisissa tuotteissa	6
3.3	Pigmentit ja täyteaineet	6
3.4	Apuaineet	6
3.5	Kuidut	7
Kokeellinen osa		
4	Työn suoritus	7
4.1	Pinnoitteiden valmistus	7
4.2	Vedenabsorptiokokeet	7
4.3	Vesihöyrynläpäisykokeet	9
4.4	Muut mittaukset ja testit	10
5	Tulokset	10
5.1	Vedenabsorptio	10
5.2	Vesihöyrynläpäisy	13
5.3	Muut mittaukset ja testit	15
6	Tulosten analysointi	17
6.1	Vedenabsorptio	17

6.1.1	Kaavamuutosten vaikutus vedenabsorptioon	17
6.1.2	Standardia testaavat kokeet	18
6.1.3	Valmistuserän ja työstäjän vaikutus	18
6.2	Vesihöyrynläpäisy	19
6.2.1	Kaavamuutosten vaikutus vesihöyrynläpäisevyyteen	19
6.2.2	Kuivumisajan, valmistuserän ja testialustan vaikutus	20
6.3	Muut mittaukset ja testit	20
6.4	Muut tuloksista tehtävät havainnot	21
6.5	Tulosten arviointi	21
7	Johtopäätökset	22
8	Yhteenveto	23
	Lähteet	25

Liitteet

Liite 1. Versioiden selitteet

Liite 2. Koemaalaamon lausunto, versiot A1 sekä B1 – B4

Liite 3. Koemaalaamon lausunto, versiot C1 – C5

Liite 4. Koemaalaamon lausunto, versiot A2 sekä D1 ja D2

Liite 5. Koemaalaamon lausunto, versiot E1 – E4

Liite 6. Vedenabsorption kaikki tulokset

Liite 7. Vesihöyrynläpäisevyyden kaikki tulokset

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Tikkurila Oyj:n tutkimus- ja tuotekehitysyksikkö. Tikkurila Oyj on 1862 perustettu yritys, joka tarjoaa kauppa- ja rakennusmaaleja sekä kuluttajille että ammattilaisille. Tikkurila Oyj:n liikevaihto vuonna 2011 oli 643,7 miljoonaa euroa, joka tekee siitä Suomen, Ruotsin, Venäjän ja Baltian markkinajohtajan. Tikkurila Oyj:llä on 11 tuotantolaitosta yhteensä kahdeksassa eri maassa. Tikkurila Oyj:n tuotevalikoima kattaa maaleja, lakkoja ja erikoistuotteita niin sisätiloihin kuin puu-, kiviaines- ja metallipintojen maaleja ja pinnoitteita ulkotiloihin. Lisäksi Tikkurila Oyj valmistaa tuotteita myös puu- ja metalliteollisuuden tarpeisiin. Tuotekehityksen tarkoituksena on kehittää uusia tuotteita, luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä uudistaa olemassaolevia tuotteita. Tuotekehitystä ohjaavat jatkuvasti uudistuvat ympäristö- ja turvallisuusnormit. [1]

Julkisivupinnoite toimii rakennusteknisenä osana rakenteessa. Pinnoitteen tarkoitus on suojata rakennetta säärasituksilta sekä antaa rakennukselle haluttu ulkonäkö. Nykyiset rakennusvaatimukset ovat erityisen tarkkoja kosteuden suhteen, sillä pitkään kosteana pysyvät rakennusosat ovat alttiita haitallisille mikrobeille kuten homesienille. Kuitenkin ilma ja huokoiset materiaalit, kuten kiviaines, sisältävät aina jonkin verran kosteutta. Siksi onkin tärkeää, että rakenteen kaikki osat toimivat kosteusteknisesti oikein. Periaatteena on se, että uuden kosteuden pääsy rakenteisiin estyy mutta rakenteen sisältä tuleva kosteus pääsee ulos. Rakenteen kosteustekniset ominaisuudet vaikuttavat myös oleellisesti sen pakkasenkestoon. Jäättyessään vesi laajenee jopa 9 % ja vastaavasti jään sulaessa sen tilavuus pienenee. Toistuva jäätyminen ja sulaminen saattaa aiheuttaa pakkasrapautumista, joka saattaa ilmenetä esimerkiksi pinnoitteen halkeiluna ja irtoamisena. Teoriaosan kappaleessa kaksi on käsitelty rakennusten yleisimmät kosteuden lähteet sekä tavallisimmat tavat, joilla kosteus siirtyy rakenteissa.

Tämän työn tavoitteena oli löytää ne valmistuskaavan muutokset, jotka julkisivupinnoitteen koostumuksessa vaikuttavat veden kulkeutumiseen standardin SFS-EN 15824 mukaisesti. Julkisivupinnoitteen koostumuksesta ja komponenttien toiminnasta on kerrottu teoriaosan kappaleessa kolme. Työssä koestettiin myös testimenetelmiä, jotta voitaisiin tarkemmin määritellä pinnoitteille soveltuvat

kuivumisajat sekä huuhtelut standardien antaman vaihtelun puitteissa. Lisäksi työssä vaihdettiin valmistuserää, testialustaa sekä työstäjää, jotta saatiin selville, onko näillä vaikutusta pinnoitteen ominaisuuksiin. Työn suoritus on käsitelty kokeellisen osan kappaleessa neljä. Valmiiden tuotteiden testaus suoritettiin standardien SFS-EN 1062-3 ja SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti. Tulokset ja tulosten analysointi on esitetty kappaleissa viisi ja kuusi. Kappaleessa seitsemän on koottu yhteen työn tuloksista tehdyt johtopäätökset.

2 Kosteuden lähteet ja siirtyminen

Kosteus tarkoittaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa. Rakenteissa olevan kosteuden lähteitä ovat mm. sade, pohjavesi, rakennusaineen kosteus (ja kyky sitoa kosteutta ilmasta) sekä ilmassa oleva kosteus. [2]

2.1 Kondensoituminen

Kondensoitumisella tarkoitetaan vesihöyryn tiivistymistä nesteeksi esimerkiksi kiinteään rakennusosan pinnalle. Tiivistymisen aiheuttaa useimmiten se, että ilman lämpötila laskee, jolloin ilmakeuhkeus ylittää lämpötilaa vastaavan kyllästymiskosteuden. Kondensoitunut kosteus voi tällöin rakenneosasta riippuen esimerkiksi imeytyä rakenteeseen tai valua sen pinnalla. [2]

2.2 Diffuusio

Diffuusiolla tarkoitetaan vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään ilmassa tai kiinteään aineen huokosissa. Julkisivurakentamisessa pyritään siihen, että diffuusion avulla rakenteen sisältä tuleva vesihöyry pääsee poistumaan ulos. Rakennuksen ulkoseinän rakenne suunnitellaankin usein kerrokselliseksi siten, että vesihöyrynvastus pienenee ulkoilmaa tai tuuletusväliä kohti. Tällöin pinnoitteen, viimeisenä esteenä ennen ulkoilmaa, tulisi omata pieni höyrynvastus. Mikäli pinnoitteen höyrynläpäisevyys ei ole riittävä, on riskinä veden kondensoituminen, kun vesihöyry ei pääse poistumaan rakenteesta. [2]

Diffuusiota kuvaa Fickin I laki (yhtälö 1), jossa diffundoitumalla siirtyvä ainevirta on suoraan verrannollinen pitoisuusgradienttiin $\Delta c / \Delta x$.

$$J = -D \frac{\Delta c}{\Delta x} \quad (1)$$

jossa D on materiaalista riippuva diffuusiokerroin. [3]

2.3 Konvektio

Konvektiolla tarkoitetaan sitä, että ilmapvirtaus kuljettaa mukanaan kosteutta, joka lämpötilan vaihtuessa saattaa kondensoitua rakenneseosaan. Ilman virtaus johtuu ilman kokonaispaine-eroista rakennuksen huoneosien ja ulkoilman välillä. Ilmanpaine-eroihin vaikuttavat lämpötilaerot, koneellinen ilmanvaihto sekä tuuli. [2]

2.4 Muita kosteuden siirtymismuotoja

Muita tapoja kosteuden siirtymiselle rakenteeseen tai rakenteen sisällä ovat mm. kapillaarinen liike ja veden painovoimainen siirtyminen.

Huokoisen materiaalin, kuten tiilen tai betonin, ollessa suoraan kosketuksissa veteen imeytyy vesi huokosia pitkin rakenteeseen. Imeytyminen johtuu pääsääntöisesti veden pintajännitysvoimien aiheuttamasta huokosalipaineesta, joka syntyy materiaalin ja vesimolekyylien välisestä adheesiosta, vetovoimasta. Adheesion vaikutuksesta vesimolekyylit hakeutuvat pinnoille, mutta maan vetovoima pyrkii vastustamaan tätä ilmiötä. Kosteuden siirtyminen loppuu, kun kosteus on noussut korkeudelle, jossa huokosalipaine ja maan vetovoima ovat tasapainossa. Kapillaarista veden siirtymistä tapahtuu kaikkialla, missä on huokosia, siis vesi siirtyy kapillaarisesti myös vaakasuunnassa. [4]

Kapillaarista nousua voidaan kuvata matemaattisesti periaatteena se, että tasapainossa pintajännitysvoima on yhtä suuri kuin nestepatsaan painovoima. Nestepatsaan korkeus h (m) voidaan siis määrittää yhtälöstä 2:

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r} \quad (2)$$

missä

σ = rajapinnan pintajännitys (N/m)

θ = kontaktikulma eli nesteen ja putken seinämän välinen kulma

ρ = nesteen tiheys (kg/m^3)

g = putoamiskiihtyvyys (m/s^2)

r = putken säde (m). [3]

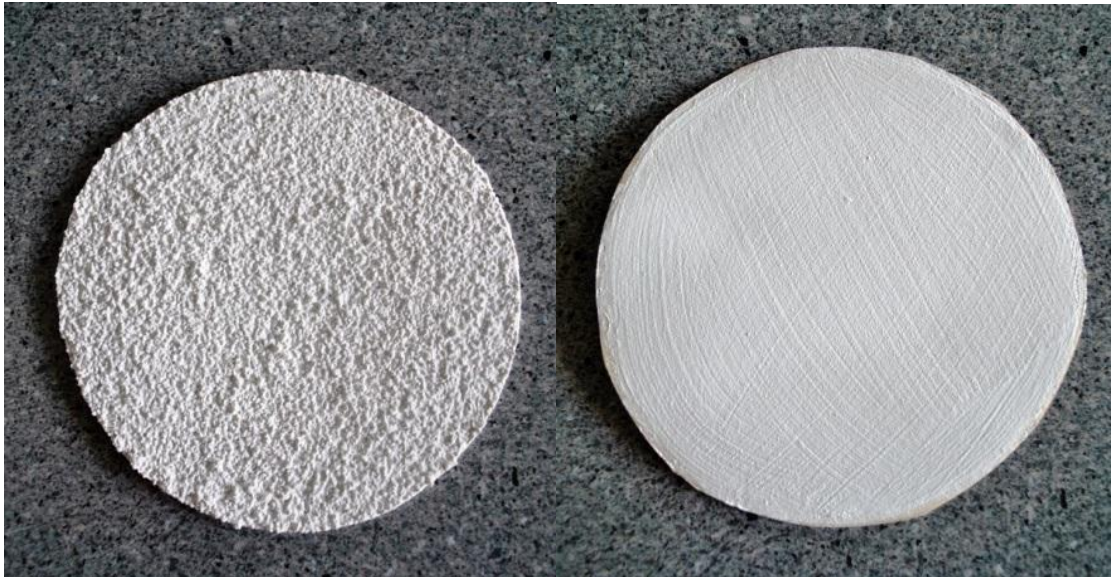
Painovoimainen kosteuden siirtyminen on useimmiten sitä, että vesi valuu esimerkiksi rännistä seinää pitkin alas. Suurihuokoisiin rakenteisiin ja pintoihin vesi siirtyy painovoimaisesti siksi, että kapillaari-ilmiötä ei enää tapahdu. Epätasaisilla pinnoilla vesi taas valuu hitaammin ja on herkempi jäämään rakenteen rakoihin, halkeamiin ja saumoihin. [4]

2.5 Hygroσκοoppisuus

Hygroσκοoppisuus on materiaaliominaisuus, ja sillä tarkoitetaan aineen kykyä sitoa kosteutta ilmasta ja luovuttaa kosteutta ilmaan. Aineen hygroσκοoppisuus riippuu ympäristön suhteellisesta kosteudesta siten, että ilman suhteellisen kosteuden kasvaessa aine kostuu ja vastaavasti ilman suhteellisen kosteuden laskiessa aine kuivuu. Suhteellisen kosteuden muuttuessa materiaalin kyky saavuttaa tasapainokosteus riippuu sen vesihöyrynläpäisevyydestä. [2]

3 Julkisivupinnoitteen komponentit

Julkisivupinnoitteet koostuvat sideaineesta, liuottimista, vedestä, apuaineista, täyteaineista ja pigmenteistä. Kullakin komponentilla on tärkeä tehtävä pinnoitteen ominaisuuksien muodostumisen kannalta, ja toisaalta, kunkin komponentin ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi pinnoitteen toimintaan. Julkisivupinnoitteisiin lisätään hienojakoista kiviainesta, jotta saataisiin elävämpi pinta aikaan. Samalla pinnoitteen nestemäisen osan ominaisuudet korostuvat, koska pinnasta ei saada eikä haluta tasaista, jolloin mm. vesi ja epäpuhtaudet jäävät pintaan helpommin kiinni. Julkisivupinnoitteisiin lisätään usein myös kuitua, jonka tarkoitus on sitoa nestemäinen osa ja kiviaines yhtenäiseksi massaksi laastityyppisesti.

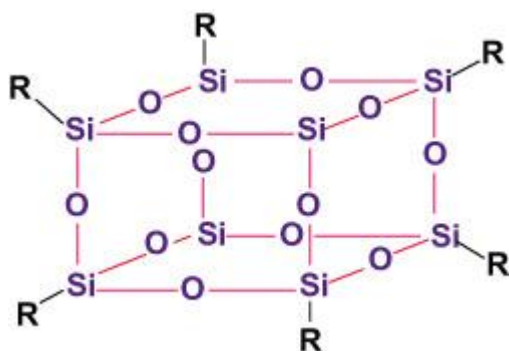


Kuva 1. Vasemmalla silikonihartsipinnoitetta ja oikealla silikonihartsimaalia.

Kuvassa 1 havainnollistetaan julkisivupinnoitteen ja –maalin eroa valmiina kalvona.

3.1 Sideaine

Julkisivupinnoitteet ja maalit nimetään usein sideaineen mukaan. Sideaineen tehtäviä on mm. sitoa pinnoitteen muut osat yhtenäiseksi tuotteeksi, kiinnittää tuote alustaansa, muodostaa pintaa suojaava kalvo ja parantaa pinnoitteen ominaisuuksia. Nykyään maalit ja pinnoitteet ovat kuitenkin harvoin vain yhden sideaineen tuotteita, joten nimeäminen on hieman harhaanjohtavaa. Tässä työssä oli tavoitteena optimoida silikonihartsipinnoitteen ominaisuuksia veden kulkeutumisen suhteen. Silikonihartsia perustuu alkuainepiin (Si) sekä hapen (O) ja hiilen (C) muodostamiin yhdisteisiin, joiden on havaittu olevan poikkeuksellisen stabiileja. Silikonihartsia muodostaa kuivuessaan kolmiulotteisesti ristikkoittuneen rakenteen, jolla on suuri molekyyliainepaino. Rakenteen tekee vettähylkiväksi sen sisältämä orgaaninen R-ryhmä, joka yleensä on metyyliryhmä. Silikonihartsia muodostaa mineraalialustan kanssa pinnan, jolla on haluttuja ominaisuuksia kuten vedenhylkivyyttä, vesihöyrynläpäisevyys ja kestävyys säärasituksia vastaan. [5]



Kuva 2. Silikonihartsiyhdiste [6]

Kuvassa 2 havainnollistetaan silikonihartsiyhdisteiden kolmiulotteista muotoa.

3.2 Liuottimet vesiohenteisissa tuotteissa

Vesiohenteisissa tuotteissa sideaine on yleensä emulgoitu veteen, sillä vesi ei sellaisenaan liuota sideainetta. Vesiohenteisissa tuotteissa on veden lisäksi mukana myös orgaanisia liuotteita, joiden tarkoitus on muun muassa säätää pinnan kuivumisnopeutta ja sitä kautta vaikuttaa tuotteen työstöaikaan. Niin kutsutuilla apuliuottimilla säädetään myös pinnoitteiden viskositeettia ja sitä kautta tasoittumisominaisuuksia. [7, s. 14]

3.3 Pigmentit ja täyteaineet

Pigmentit eli väriaineet ovat hienojakoisia, kiinteitä ja sideaineeseen liukenemattomia jauheita, jotka joko dispergoidaan tuotteeseen valmistuksen aikana tai lisätään valmiiseen tuotteeseen väripastana. Pigmentit antavat tuotteelle sen peittokyvyn mutta myös suojaavat alustaa. Pinnoitteissa ja maaleissa tärkein pigmentti on valkoinen, joka yleensä on titaanidioksidi, ja normaalisti vain titaanidioksidi dispergoidaan tuotteisiin valmistusvaiheessa. Väriaineita saadaan metalliyhdisteitä sisältävistä hiukkasista (esim. titaanidioksidi, rautaoksidit, kromioksidi), mutta ne voivat olla myös täysin orgaanisia. Täyteaineilla eli ns. apupigmenteillä taas voidaan tehdä maalikalvo lujaksi ja tiiviiksi, mutta niiden peittokyky yksin on yleensä heikko. [7, s. 14]

3.4 Apuaineet

Apuaineilla on useita eri tarkoituksia. Useimmiten niiden avulla parannetaan muun muassa märän tuotteen säilyvyyttä purkissa, homeiden ja mikrobien kasvun estoa kuivassa kalvossa sekä työstöominaisuuksia, kuten tasoittuvuutta ja

levitysominaisuuksia. Apuaineilla voidaan myös vaikkapa vaikuttaa pigmenttien ja täyteaineiden kostumiseen sekä alustan kostumiseen valmiilla tuotteella pinnoitettaessa, estää vaahdon muodostumista sekä paksuntaa tuotetta. [7, s. 14]

3.5 Kuidut

Pinnoitteisiin lisätään laastien toimintaperiaatteen mukaisesti myös kuituja. Kuitujen tehtäviin laastissa kuuluu sitoa komponentit toisiinsa ja antaa tukea, jota paksun kalvon muodostamiseen tarvitaan. Julkisivupinnoitteissa kuitujen kuuluu myös sitoa kiviaines nestemäiseen osaan ja vaikuttaa tuotteen reologiaan. Kuitujen avulla voidaan myös vähentää tuotteen halkeilua. Kuidun pituudella ja koostumuksella voidaan vaikuttaa pinnoitteen valmiin pinnan laatuun sekä veden kulkeutumiseen. Pinnoitteissa käytetyt kuidut voivat olla esimerkiksi lasi- tai polymeerikuitua.

4 Työn suoritus

4.1 Pinnoitteiden valmistus

Työn suorittamiseksi valmistettiin pinnoitteesta eri versioita erilaisin muutoksin valmistuskaavaan liitteen 1 mukaisesti. Työssä ei varioitu pigmenttiä ja täyteaineita, vaan muutokset tehtiin sideaineen, kuidun sekä apuliuottimien suhteen. Kaavoja ei ole optimoitu muutosten suhteen, vaan tarkoitus oli saada esille ilmiöt eli se, vaikuttaako kyseisen raaka-aineen vaihdos tai määrän muutos testattaviin ominaisuuksiin. Versioista yritettiin tehdä mahdollisimman vertailukelpoisia keskenään käyttämällä samoja valmistusastioita ja -laitetta, jauhatusnopeuksia ja -aikoja sekä raaka-aine-eriä.

4.2 Vedenabsorptiokokeet

Vedenabsorptiokokeet suoritettiin standardin SFS-EN 1062-3 mukaisesti. Vedenabsorptiokokeen alustoina toimivat kalkkiahiekkatiilet, jotka ovat pituudeltaan 27 cm, leveydeltään 13,5 cm ja paksuudeltaan 3,5 cm. Mitat vastaavat standardin vaatimuksia koekappaleen testipinta-alan suhteen. Kalkkiahiekkatiilet on pesty sekä tiivistetty epoksoimalla reunat ja testipinnan kanssa vastakkainen sivu kahteen kertaan. Vedenabsorptiokokeita varten kustakin valmiista tuoteversiosta pinnoitettiin kalkkiahiekkatiilelle tuoteselosteen mukaisen levitysmäärän mukainen määrä pinnoitetta,

joka silikonihartsipinnoitteella on $2,5 - 3 \text{ kg/m}^2$. Jokaisesta versiosta valmistettiin kolme rinnakkaisnäytettä. Kuvassa 3 on esitetty valmiita testitiiliä huuhtelu- ja testialtaissa.



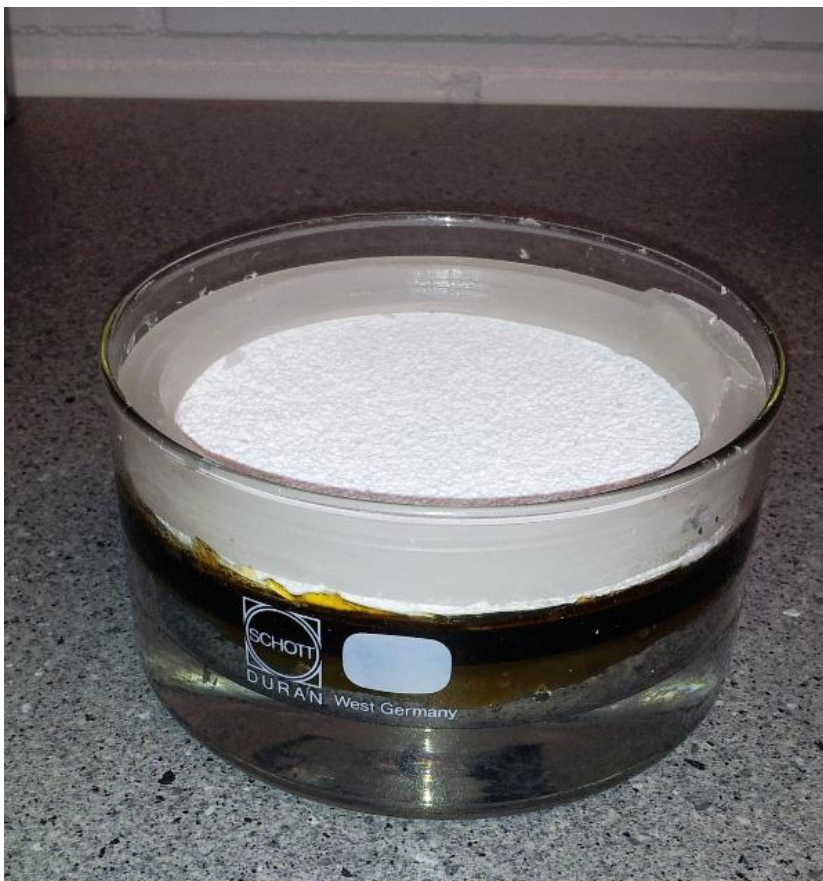
Kuva 3. Epoksoituja kalkkihiekkatiiliä huuhtelu-/testialtaissa.

Standardin mukaisesti testattavaa pintaa on kuivattava vähintään 14 vuorokautta ennen huuhtelusyklien aloittamista. Pinnoitteiden kohdalla on todettu, että pinnan kalvonpaksuuden vuoksi kuivumiseen on varattava 28 vuorokautta. Tulosten saamisen nopeuttamiseksi testattiin, olisiko mahdollista, että kalvo olisi kuivunut ja stabiloitunut jo 14 vuorokaudessa. Vastaavasti testattiin, tapahtuuko kalvossa vielä tulokseen vaikuttavaa kuivumista tai stabiloitumista 48 vuorokaudessa. Lisäksi haluttiin nähdä, vaikuttaako pinnoitteen vedenabsorptioarvoon se, että huuhtelusyklin aikana käytetään juoksevaa vettä seisovan sijaan. Nämä standardia testaavat kokeet tehtiin silikonihartsipinnoitteen referenssiversiolla A1 (kts. liite 1). Vastaavasti versiosta A1 testattiin, vaikuttaako tekijän tekotapa pinnan tiiveyteen. Tätä testiä varten kolme eri henkilöä pinnoitti tuoteselosteen ohjeen mukaisesti kolme rinnakkaista kalkkihiekkatiiltä, jotka yksi henkilö testasi. Koska versio A1 valmistettiin ensimmäisenä, testattiin siitä myös varastoinnin vaikutusta pinnoitteen vedenabsorptioon. Versiota A1

säilytettiin huoneenlämmössä noin kolmen kuukauden ajan, jonka jälkeen pinnoitettiin uudet tiilet ja näille toistettiin testit.

4.3 Vesihöyrynläpäisykokeet

Vesihöyrynläpäisykokeet suoritettiin standardin SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti. Vesihöyrynläpäisykokeen alustoina käytettiin pääsääntöisesti applikointipahvia. Pahville pinnoitettiin muotin avulla halkaisijaltaan 11,44 cm:n ja kalvonpaksuudeltaan 2000 µm:n kokoinen kiekko, joka leikattiin irti kuppeihin (kuva 4) valamista varten. Jokaisesta versiosta valmistettiin vähintään kolme rinnakkaisnäytettä.



Kuva 4. Vesihöyrynläpäisevyydestejä varten valmistettu kuppi. Reunat on tiivistetty parafiinilla.

Vesihöyrynläpäisevyyden arvojen määrittämiseksi tehtiin versiolla A1 samat standardia testaavat kokeet silikonihartsipinnoitteen kuivumisen osalta kuin vedenabsorptiotakin varten. Juoksevan veden sekä työstäjän vaikutusta vesihöyrynläpäisevyyssarvoihin ei testattu.

Vesihöyrynläpäisykokeiden alustoina käytetty applikointipahvi imee vettä myös itseensä, joten testattiin, onko tuotteen vesihöyrynläpäisevyysarvo riippuvainen alustasta vaihtamalla alustaksi huokoinen polyetyleeni (HDPE/UHMWPE). Polyetyleenialustat testattiin silikonihartsipinnoitteen referenssiversiolla A2. Polyetyleenialustaa testattiin myös maalituotteella, koska maalituotteen kalvonpaksuus on pienempi ja näin ollen enemmän standardin SFS-EN ISO 7783-2 mukainen. Maalituotteena käytettiin silikonihartsimaalia.

4.4 Muut mittaukset ja testit

Standardin mukaisten vedenabsorptio- ja vesihöyrynläpäisykokeiden lisäksi jokaisesta versiosta mitattiin ja säädettiin viskositeetti laadunvalvontarajoihin sekä testattiin varastointistabiilisuus varastoimalla tuotetta 28 vuorokautta sekä huoneenlämmössä että +40 °C:ssa. Lisäksi testattiin jokaisen version sävytettävyyttä sävyttämällä tuotetta laadunvalvontaohjeen mukaisesti. Työstöominaisuuksien arvioimiseksi jokainen versio työstettiin isommalle seinäpinnalle ja työstöä sekä valmista pintaa arvioitiin erillisen lomakkeen mukaisesti.

5 Tulokset

5.1 Vedenabsorptio

Vedenabsorptiokokeista saatiin standardin SFS-EN 1062-3 mukaisesti tuloksena pinnoitteiden vedenläpäisevyysarvo 24 tunnin jälkeen (w_{24}), joka ilmoitetaan yksikössä $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$. Kaikki tulokset on esitetty liitteessä 6.

Taulukosta 1 nähdään, että 14 vuorokaudessa referenssiversion A1 vedenabsorptio antaa keskimäärin arvon $0,2 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$. 28 vuorokautta kuivunut, mutta juoksevassa vedessä huuhdeltu näyte 4j antaa arvon $0,29 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ arvon. Muuten eri vuorokausimäärän kuivuneet ja eri henkilön työstämät versiot antavat varsin yhtenäiset tulokset, jolloin w_{24} -arvot ovat 14-16 $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$.

Taulukko 1. Version A1 rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	$w_{24} \text{ (kg / m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
14s	0,22
14j	0,21
28sA	0,16
28j	0,29
28sB	0,14
28sC	0,16
48s	0,14
11s	0,19

Taulukossa 2 on esitetty epoksoidun ja epoksoimattoman näytteen tulokset, joiden suuruusluokassa ei ole suurta eroa. Pieni ero on havaittavissa, jos verrataan taulukon 1 28sA arvoja version A2₁ arvoihin.

Taulukko 2. Version A2 rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	$w_{24} \text{ (kg / m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
1	0,18
2	0,20

Taulukossa 3 on esitetty rouhepinnoitteen avulla tehdyt sideainemuutokset. Tulokset poikkeavat merkittävästi aiemmista tuloksista suuruusluokaltaan. Keskenään tuloksissa ei ole suurta eroa.

Taulukko 3. Version B rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	$w_{24} \text{ (kg / m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
1	0,06
2	0,07
3	0,04
4	0,06

Taulukossa 4 esitetään kuitumuutoksien tulokset. Tulokset ovat taas pitkälti referenssiversion 28sA suuruusluokkaa versiota C5 lukuunottamatta. Version C5 arvo 0,24 kg/(m² · h^{0,5}) on selvästi suurempi kuin versioilla C1-C4.

Taulukko 4. Version C rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	w₂₄ (kg / m² · h^{0,5})
1	0,16
2	0,14
3	0,17
4	0,17
5	0,24

Taulukossa 5 on aukioloajan pidentäjän poiston antamat tulokset sekä kalvonmuodostajien määrän vähentämisen tulokset. Version D2 arvo 0,12 kg/(m² · h^{0,5}) on hieman referenssiä parempi, mutta D1 ei poikkea suurusluokaltaan referenssiversiosta 28sA.

Taulukko 5. Version D rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	w₂₄ (kg / m² · h^{0,5})
1	0,15
2	0,12

Taulukossa 6 on esitetty silikonihartsipinnoitteessa testattujen sideainemuutosten tulokset. Tuloksista nähdään, että versioilla E2 ja E3 on hieman referenssiversiota pienemmät w₂₄-arvot, mutta versiot E1 ja E4 eivät juurikaan poikkea referenssiversiosta.

Taulukko 6. Version E kolmen rinnakkaisnäytteen keskiarvot vedenabsorptiolle

Versio	w₂₄ (kg / m² · h^{0,5})
1	0,17
2	0,09
3	0,10
4	0,16

5.2 Vesihöyrynläpäisy

Vesihöyrynläpäisykokeista saatiin standardin SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti tuloksena s_d -arvo eli ilmakerroksen paksuus, jonka lävitse veden diffuusionopeus on sama kuin testatulla versiolla. s_d -arvo ilmoitetaan metreinä (m). Lisäksi vesihöyrynläpäisevyys ilmoitettiin standardin SFS-EN 15824 mukaisesti myös vesihöyrynläpäisynopeuden arvona V , joka ilmoitetaan yksikössä $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Kaikki tulokset on esitetty liitteessä 7.

Taulukossa 7 on eri kuivumisaikoja testaavat tulokset. Arvot ovat varsin yhdenmukaisia keskenään. Referenssiversion 28sA s_s -arvo on 0,27 m.

Taulukko 7. Version A1 rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
14s	0,24	65
28sA	0,27	60
48s	0,26	61
11s	0,29	59

Taulukossa 8 on esitetty eri alustojen tulokset. Versioiden kesken on pientä eroa tulosten välillä, mutta etenkin verrattaessa referenssiversion A1:28sA, on versio A2:3 s_d -arvoltaan referenssiä pienempi.

Taulukko 8. Version A2 rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
1	0,25	66
3	0,19	57

Taulukosta 9 nähdään, että polyetyleenialustalla silikonihartsimaalin s_d -arvo on hieman pienempi kuin applikointipahvialustalla. Vastaavasti vesihöyrynläpäisynopeus on hieman suurempi.

Taulukko 9. Silikonihartsimaalin rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
A	0,14	101
B	0,08	141

Taulukossa 10 on esitetty akrylaattipinnoitteella testattujen sideainemuutosten tulokset. Tuloksissa on suuri ero referenssiversion tuloksiin sekä versioiden välillä keskenään. Versioiden B1 – B4 s_d -arvot ovat merkittävästi suuremmat kuin referenssiversiolla, ja vastaavasti vesihöyrynläpäisyneudet V ovat merkittävästi pienemmät.

Taulukko 10. Version B rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
1	0,81	23
2	1,13	17
3	1,78	11
4	1,32	15

Taulukosta 11 nähdään version C tulokset, joista versiot C4 ja C5 poikkeavat referenssistä s_d -arvoillaan 0,19 m, mutta muut versiot ovat yhdenmukaisia referenssiversion 28sA kanssa. Versiossa C tutkittiin kuitumuutoksia.

Taulukko 11. Version C rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
1	0,20	80
2	0,24	69
3	0,23	71
4	0,19	84
5	0,19	83

Taulukossa 12 on esitetty kalvonmuodostajien vähentämisen ja aukioloajan pidentäjän poiston tulokset, jotka poikkeavat toisistaan sekä vesihöyrynläpäisyneudeltaan V että s_d -arvoltaan varsin paljon. Tulokset eivät myöskään noudata referenssiversion 28sA tuloksia.

Taulukko 12. Version D rinnakkaisnäytteiden keskiarvot vesihöyrynläpäisevyydelle

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
1	0,17	92
2	0,30	59

Taulukon 13 tuloksissa on varsin suuri hajonta. Versioilla E2 ja E3 on referenssiversiota paljon suuremmat s_d -arvot ja vastaavasti hieman pienemmät V-arvot. Versiot E1 ja E4 sen sijaan vastaavat referenssiversion arvoja varsin hyvin. Versiossa E testattiin sideainemuutoksia silikonihartsipinnoitteessa.

Taulukko 13. Version E rinnakkaisnäytteiden keskiarvot

Versio	s_d (m)	V (g / m ² · d)
1	0,25	66
2	0,47	39
3	0,35	51
4	0,23	72

5.3 Muut mittaukset ja testit

Versioiden varastointistabiilisuutta arvioitiin mittaamalla tuotteen viskositeetti valmistuksen jälkeen sekä 28 vuorokauden varastoinnin jälkeen. Varastointi tehtiin sekä +23 °C:ssa että +40 °C:ssa.

Taulukossa 14 on esitetty Brookfield-viskositeetin arvot senttipoiseina (cP) kullekin versiolle spindelin pyörimisnopeudella 5 rpm ja 10 rpm.

Taulukko 14. Versioiden viskositeettiarvot (cP)

Versio	1 vrk / 23 °C		28 vrk / 23 °C		28 vrk / 40 °C	
	5 rpm	10 rpm	5 rpm	10 rpm	5 rpm	10 rpm
A1	132 000	70 049	145 000	70 620	127 000	62 488
B1	143 000	52 216	202 000	107 000	232 000	118 000
B2	114 000	54 926	226 000	117 000	266 000	144 000
B3	155 000	72 474	256 000	122 000	277 000	134 000
B4	162 000	65 056	250 000	130 000	275 000	132 000
C1	168 000	76 897	173 000	84 316	169 000	95 444
C2	198 000	88 310	214 000	96 728	204 000	107 000
C3	185 000	79 893	192 000	90 308	150 000	89 452
C4	180 000	82 176	194 000	94 160	223 000	92 020
C5	161 000	60 633	192 000	102 000	182 000	101 000
D1	128 000	72 760	169 000	88 596	134 000	75 756
D2	151 000	69 478	168 000	83 888	149 000	80 892
E1	149 000	69 621	171 000	74 900	136 000	65 912
E2	137 000	56 210	176 000	84 456	146 000	80 464
E3	126 000	66 482	164 000	86 456	169 000	86 884
E4	140 000	70 192	191 000	95 016	129 000	66 768
A2	135 000	72 189	152 000	83 888	139 000	84 316

Sävytyksestä tehtiin applikointipahville vedot, joista arvioitiin silmämääräisesti sävyjen yhdenmukaisuutta ja sitä, onko sävytyspasta levittynyt tasaisesti koko tuotteeseen.

Työstöä, sen eri osa-alueita sekä lopullista pintaa arvoitiin erillisten lomakkeiden avulla. Lomakkeet ja arviot työstöstä on esitetty liitteissä 2-5.

6 Tulosten analysointi

6.1 Vedenabsorptio

6.1.1 Kaavamuutosten vaikutus vedenabsorptioon

Kaavamuutoksilla haluttiin nähdä, miten silikonihartsipinnoitteen vedenläpäisevyysarvot suhtautuvat taulukossa 15 esitettyyn standardiluokitukseen. Hyvänä tuloksena julkisivupinnoitteen arvojen toivottiin sijoittuvan lähelle matalaa luokkaa w_3 , jolloin w_{24} -arvon tulisi olla $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ tai sitä pienempi. Kaikista versioista tähän luokkaan ylsivät vain versiot B1 – B4 sekä E2 ja E3. Kaikki muut versiot ylsivät vedenläpäisyarvoltaan keskinkertaiseen luokkaan w_2 . Suurin osa näistä jäi kuitenkin vain hieman arvon $0,1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ yläpuolelle, eivätkä suurimmatkaan vedenläpäisyarvot ylittäneet arvoa $0,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$, joten tuloksia vedenabsorption suhteen voidaan kaiken kaikkiaan pitää varsin hyvinä. Tulosten perusteella sideainemuutokset versiossa B sekä E ovat ainoat muutokset, jotka vaikuttavat alentavasti tuotteen vedenabsorptioon. Pienentyneitä vedenabsorption tuloksia havaittiin myös versiolla D2, jossa kalvonmuodostajien määrää pienennettiin kolmannekseen. Parannus ei aivan riittänyt saavuttamaan luokkaa w_3 , mutta arvo parani kuitenkin sen verran, että kalvonmuodostajilla voitaisiin tulkita olevan vaikutusta pinnoitteen vedenabsorptioon.

Taulukko 15. Vedenläpäisevyysluokat standardin SFS-EN 15824 mukaisesti [7]

Luokka		Vaatus w $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$
w_1	Korkea	$> 0,5$
w_2	Keskinkertainen	$\leq 0,5$
		$> 0,1$
w_3	Matala	$\leq 0,1$

Vastaavasti kuitumuutoksella versiossa C5 kasvatettiin silikonihartsipinnoitteen vedenläpäisevyyttä. Kuitumäärän puolittaminen vaikuttaisi siis heikentävän pinnoitteen tiiviyyttä.

6.1.2 Standardia testaavat kokeet

Standardia SFS-EN 1062-3 testaavista tuloksista huomataan, että 14 vuorokauden kuivumisaika ei ole silikonihartsipinnoitteelle riittävän pitkä kalvon stabiloitumiseen. Merkittävää eroa 28 vuorokauden ja 48 vuorokauden välillä ei sen sijaan ollut havaittavissa. Voidaan siis todeta, että testit on syytä jatkossakin tehdä vähintään 4 viikkoa kuivuneelle pinnoitekalvolle kuten tähänkin asti on tehty.

Suoritettaessa huuhtelu juoksevassa vedessä saadaan vedenabsorptioarvoksi testin korkein $A1:28s = 0,29 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$. Juoksevan veden tarkoitus on huuhdella vesiherkät aineet pinnoitekalvosta tehokkaammin kuin seisovan veden, jolloin vedenabsorptioarvo saattaisi laskea. Tässä testissä kävi kuitenkin päinvastoin. Ilmiön selittämiseksi voitaisiin tehdä jatkotestejä pidentämällä seisovassa vedessä tapahtuvia huuhtelusyklejä, jotta nähtäisiin, saadaanko lisähuuhteluilla aikaan sama ilmiö. Tällöin on mahdollista, että tehokkaampi huuhtelu vaurioittaa kalvoa tai liuottaa kalvosta pois myös sellaisia aineita, joiden tulisi estää veden imeytyminen kalvoon.

6.1.3 Valmistuserän ja työstäjän vaikutus

Valmistuserää testaavissa arvoissa $A1:28sA = 0,16 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ ja $A2_1 = 0,18 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$ ei havaittu merkittävää eroa keskenään. Tiili, jonka vastapinta jätettiin epoksoimatta, antoi tuloksen $0,20 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$. Tätä voisi pitää jo hieman korkeampana kuin kokonaan epoksoiduilla tiilillä. Muutos on kuitenkin niin pieni, että tarvittaisiin lisää toistoja, jotta voitaisiin todeta, että epoksoimalla tiili kauttaaltaan vaikuttaa veden imeytymiseen siten, että vesi ei etene tiilessä niin pitkälle kuin se avoimessa tiilessä etenisi. Testattaessa ei kuitenkaan silmämääräisesti havaittu tiilen kastuvan läpi, joten oletuksena tämä tiilen paksuus riittää kauttaaltaankin epoksoituna antamaan riittävän luotettavan tuloksen pinnoitteen vedenläpäisystä.

Työstäjän vaikutus ei myöskään näkynyt pinnoitteen vedenläpäisevyyden arvoissa ($w_{24}=0,14\text{-}0,16 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$), vaan kaikkien eri työstäjien tulokset olivat hyvin vertailukelpoisia keskenään. Standardin mukaisesti testattuna tuloksia voidaan siis pitää vertailukelpoisina työstäjästä riippumatta.

6.2 Vesihöyrynläpäisy

6.2.1 Kaavamuutosten vaikutus vesihöyrynläpäisevyyteen

Kaavamuutoksilla haluttiin nähdä, miten silikonihartsipinnoitteen vesihöyrynläpäisevyysarvot suhtautuvat taulukossa 16 esitettyyn standardiluokitukseen. Hyvänä tuloksena julkisivupinnoitteen arvojen toivottiin sijoittuvan s_d -arvoltaan korkeaan luokkaan V_1 , jolloin s_d -arvo on pienempi kuin 0,14 m. Standardissa SFS-EN 15824 on ilmoitettu vesihöyrynläpäisevyydelle myös nopeus, joka tässä korkeassa luokassa on suurempi kuin $150 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

Taulukko 16. Vesihöyrynläpäisyneusluokat standardin SFS-EN 15824 mukaisesti [7]

Luokka		Vaatimus	
		Vesihöyrynläpäisyneus V $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	Diffuusio ilmoitettuna ilmakerroksen paksuutena s_d m^a
V_1	Korkea	> 150	$< 0,14$
V_2	Keskinkertainen	≤ 150 > 15	$\geq 0,14$ $< 1,4$
V_3	Matala	≤ 15	$\geq 1,4$

^a Diffuusion arvot (s_d), jotka ilmoitetaan saman diffuusion omaavan ilmakerroksen paksuutena, määritetään standardin EN ISO 7783-2 mukaisesti.

Millään kaavamuutoksilla ei päästy tähän korkeaan vesihöyrynläpäisevyysluokkaan, mutta joillakin kaavamuutoksilla päästiin lähemmäs haluttuja rajoja. Suurin osa tuloksista sijoittui keskinkertaiseen luokkaan V_2 , jossa $0,14 \leq s_d < 1,4 \text{ m}$ ja $15 < V \leq 150 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Versio B3 sijoittui jopa matalaan luokkaan V_3 arvoillaan $s_d = 1,78 \text{ m}$ ja $V = 11 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$. Heikoimmat arvot olivatkin juuri versioilla B1 – B4 sekä E2 ja E3. Kaavamuutoksilla ei siis saavutettu vesihöyrynläpäisevyyden kannalta toivottuja tuloksia, ja erityisesti versioiden B ja E sideaineen kaavamuutoksilla jopa heikennettiin pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyttä.

Kaavamuutoksilla C1, C4 ja C5 saatiin hieman parempia arvoja kuin referenssiversiolla, joten kuidun vaihtaminen tai sen määrän muuttaminen saattaisi auttaa pinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyden muuttamisen suhteen. Myös aukioloajan pidentäjän poistaminen versiossa D1 paransi vesihöyrynläpäisevyyttä.

6.2.2 Kuivumisajan, valmistuserän ja testialustan vaikutus

Kuivumisaikaa testaavista tuloksista huomataan, että kuivumisajalla ei ole suurta merkitystä tuotteen vesihöyrynläpäisevyyden kannalta. Tässä 14 vuorokautta kuivuneella versiolla A1:14s on pienin vesihöyrynläpäisevyys, kun taas suurin on 11 viikkoa varastoidulla, mutta 28 vuorokautta kuivuneella versiolla A1:11s. Varastoinnilla vaikuttaisi siis olevan suurempi merkitys vesihöyrynläpäisevyyteen kuin itse kuivumisajalla.

Valmistuserällä ei vaikuttaisi olevan vaikutusta silikonihartsipinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyteen

Vaihdettaessa applikointipahvialusta polyetyleenialustaan tapahtuu silikonihartsimaalilla merkittävä muutos vesihöyrynläpäisevyydessä siten, että polyetyleenialustalla vesihöyrynläpäisevyyden arvot ovat huomattavasti alhaisemmat kuin applikointipahvilla. Pinnoitteella ei ole havaittavissa yhtä suurta eroa alustojen välillä, mutta myös pinnoitteella paranevat vesihöyrynläpäisevyysarvot polyetyleenialustalla hieman. Jotta alustan vaikutuksesta silikonihartsipinnoitteen vesihöyrynläpäisevyyteen voisi luotettavasti todeta jotain, olisivat lisätestit toivottavia, mutta tämän työn valossa alustan vaihdos vaikuttaisi vesihöyrynläpäisevyyden tuloksiin.

6.3 Muut mittaukset ja testit

Varastointistabiilisuutta mittaavissa Brookfield-viskositeettiarvoissa ei tapahtunut suuria muutoksia. Ainoastaan versioilla B1 – B4 oli tapahtunut selvästi havaittavaa viskositeetin kasvua sekä huoneenlämmössä että +40 °C:ssa, mutta tuotteet sinällään olivat edelleen käyttökelpoisia sekoituksen jälkeen. Missään versiossa ei havaittu silmämääräisesti arvioimalla merkittävää nesteen erottumaa tai muuta varastointistabiiliuden heikkenemisen merkkiä. Viskositettiarvot olivat lähes kaikilla versioilla laadunvalvonnan ylärajojen lähettävillä.

Sävyt olivat silmämääräisesti arvioituna riittävän samankaltaiset kaikilla versioilla. Erityistä tummuutta, vaaleutta tai muuta poikkeavaa ei erottunut. Sävytyspasta levittyi tuotteeseen ravistajassa heikosti, vaikka tuotteelle tehtiin esisekoitus ja neljän minuutin ravistus sävytysohjeen mukaisesti. Lähes kaikki versiot jouduttiin käsin sekoittamaan tasaisen sävyn saamiseksi. Sävytyspasta kuitenkin pysyi tuotteessa tasaisena sen

jälkeen, kun sekoitus oli kunnollisesti tehty, eikä sävytyspastan lisäys aiheuttanut tuntuvaa tuotteen ohenemista.

Työstöä arvioivat lomakkeet on esitetty liitteissä 3-6. Kaikilla versioilla oli pääsääntöisesti hyvä työstö- ja levitystuntuma. Hierrettäessä kaikissa versioissa oli havaittavissa tarraamista, mutta versiot D1, D2 sekä E1-E4 olivat hierrettäessä hieman muita huonompia. Valmiin pinnan täyttävyys oli hyvä ainoastaan versioilla B1-B4, muilla täyttävyys koettiin huonoksi. Mikään pinta ei valmiinakaan halkeillut. Yleisarvosanat työstöstä olivat kaikilla versioilla pääasiassa hyvät. Yleisarvosanat valmiista pinnasta sen sijaan vaihtelivat hyvästä huonoon. Parhaat valmiit pinnat olivat versioilla B4, C2 ja C5.

6.4 Muut tuloksista tehtävät havainnot

Verrattaessa vedenabsorptiotuloksia ja vesihöyrynläpäisytuloksia toisiinsa huomataan nopeasti se, että niissä versioissa, joissa vedenabsorptiolle on saatu hyviä arvoja, on samalla vesihöyrynläpäisevyydelle saatu huonoja arvoja.

Tuotteiden varastointistabiiliuteen tai säilytettävyyteen tässä työssä tehdyillä kaavamuuoksilla ei ole ollut huomattavaa vaikutusta. Standardin mukaisesti tehdyillä kokeilla tuloksista saadaan vertailukelpoisia keskenään ja voidaan poissulkea työstäjän vaikutus kokeen tulokseen.

Laboratorio-olosuhteissa valmistetut pinnoitteet tuntuivat kaikki jäävän viskositeetiltaan laadunvalvonnan ylärajoille. Pienemmässä mittakaavassa ja avoimessa astiassa valmistettuna on mahdollista, että esimerkiksi veden haihtuminen ja dispergoinnin aikana tapahtuva lämpeneminen paksuntavat tuotetta enemmän kuin tehtaalla suuremmassa mittakaavassa ja suljetussa astiassa valmistetuilla erillä. Pinnoitteiden korkeahkot viskositeettiarvot saattoivat kuitenkin osaltaan aiheuttaa sekä säilytyksessä että työstössä havaittuja ongelmia ja puutteita, vaikka arvot olivatkin laadunvalvonnan rajoissa.

6.5 Tulosten arviointi

Tilastollisen mittausepävarmuuden arvioimista kolmen rinnakkaisnäytteen tuloksista ei ole katsottu tarpeelliseksi varsinkaan, kun mittaustuloksiin ovat saattaneet vaikuttaa

muun muassa testiolosuhteet (ilmankosteus ja -lämpötila) ja vaa'an tarkkuus. Testausolosuhteet pyrittiin pitämään mahdollisimman yhdenmukaisina, mutta voidaan kuitenkin perustellusti epäillä, että esimerkiksi kahden tiilarjan testeissä ilmaan on haihtunut eri määrä vettä kuin seitsemän tiilarjan testeissä vesialtaiden ollessa avoimina samassa tilassa. Lisäksi on otettava huomioon esimerkiksi tiilien käsittelyssä mahdollisesti tapahtuva virhe, kun tiilet paineltiin käsin kuivaksi näkyvästä vedestä ennen punnitusta. Vaa'an tarkkuuden aiheuttaman virheen minimoimiseksi punnittiin kaikki tiilet ja vesihöyrynläpäisevyyskupit aina yhdellä vaa'alla.

Viskositeettiarvoja tulee myös tarkastella tietyllä kriittisyydellä, koska on yleisesti tunnettua, että lämpötila vaikuttaa voimakkaasti tuotteen viskositeettiin. Varastointi on pyritty hoitamaan yhdenmukaisissa olosuhteissa, ja viskositeettia mitattaessa on tuotteen lämpötila-arvot otettu muistiin. Tässä työssä ei kuitenkaan tutkittu, mikä on se lämpötilan muutos, joka vaikuttaa merkittävästi viskositeetilukemiin.

7 Johtopäätökset

Silikonihartsipinnoitteen kaavamuutoksilla saatiin parannuksia aikaan ainoastaan vedenabsorptioarvoihin. Vesihöyrynläpäisevyysarvoja ei saatu juurikaan parannettua vaan päinvastoin, niitä jopa onnistuttiin heikentämään. Tähän työhön tehdyillä kaavamuutoksilla voidaan siis todeta, että sideaineen vaihtaminen ja sideainesuhteen muuttaminen muuttavat merkittävästi tuotteen vedenläpäisyominaisuuksia. Myös jotkin tehdyistä kuitu- ja liuotinmuutoksista vaikuttivat tuotteen vedenabsorptio- ja vesihöyrynläpäisevyysarvoihin hieman. Jatkotestien suunnittelun kannalta myös ne kaavan vaihdokset, jotka eivät tuottaneet toivottavia muutoksia vedenläpäisyominaisuuksien suhteen, voidaan nähdä hyödyllisinä. Jotta voitaisiin tarkemmin määritellä, millaisia muutoksia pinnoitteen koostumuksen suhteen on tehtävä, tulee tuotetta testata lisää. Testitulosten perusteella on kuitenkin nähtävissä selvät linjat, joita tuotekehittelyssä kannattaa jatkaa.

Vesihöyrynläpäisevyyden ja vedenabsorption välillä havaittiin riippuvuussuhde. Vaikuttaa siltä, että kun vedenabsorption arvoja saadaan muutettua kohti haluttua, pienennetään samalla tuotteen vesihöyrynläpäisevyyttä. Julkisivupinnoitteen vedenabsorptioarvon haluttaisiin siis olevan mahdollisimman matala, kun taas

vesihöyrynläpäisevyysarvon toivottaisiin olevan mahdollisimman korkea. Tämän työn valossa vaikuttaa kuitenkin vaikealta saada molempia arvoja täydellisesti haluttuun standardin SFS-EN 15824 luokkaan. Jatkotestauksia varten olisikin hyvä määritellä molemmille arvoille riittävä luokitus, joka tämän työn tulosten perusteella olisi mahdollista saavuttaa samanaikaisesti.

Standardien SFS-EN 1062-3 ja SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti tehdyt vedenabsorptio- ja vesihöyrynläpäisykokeet tuottavat silikonihartsipinnoitteella riittävän vertailukelpoisia tuloksia, kun kalvon annetaan kuivua vähintään 28 vuorokauden ajan. Juoksevan ja seisovan veden vaikutusta vedenabsorptioarvoon tulisi tutkia lisää ennen johtopäätösten tekemistä siitä, saavutetaanko juoksevalla vedellä huuhtellessa tarkempia tuloksia tai saadaanko tuloksiin sillä tavalla huuhteltuna suurempaa vaihtelua aikaan. Samoin alustan vaikutusta vesihöyrynläpäisevyysarvoihin tulisi tutkia lisää ennen johtopäätösten tekemistä. Työstäjän vaikutuksesta pinnoitteen vedenläpäisyominaisuuksiin voidaan tämän työn tulosten valossa todeta, että työstäjällä ei ole merkitystä pinnoitteen vedenläpäisyominaisuuksien kannalta. Testimenetelmien kannalta saatiin siis varmuus siitä, että standardin mukaisesti suoritettut testit ovat tämän työn mittaustarkkuuden puitteissa vertailukelpoisia keskenään, mutta uudet tulokset ovat vertailukelpoisia myös aiemmin saatuihin tuloksiin.

Työn tekeminen paitsi täytti asetetut tavoitteet mutta opetti paljon myös tuotekehittelystä ja testien suunnittelusta. Testisarjojen koon, määrän ja tarvittavien lisämittausten määrittäminen ja aikatauluttaminen helpottui selvästi loppua kohti, kun tuotteiden valmistamiseen, käsittelyyn ja testauksiin tarvittavan ajan sekä resurssien tuntemus kasvoi.

8 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli löytää ne julkisivupinnoitteen koostumuksen kaavamuutokset, jotka vaikuttavat veden kulkeutumiseen standardin SFS-EN 15824 mukaisesti. Työssä koestettiin myös testimenetelmiä, jotta voitaisiin tarkemmin määritellä pinnoitteille soveltuvat kuivumisajat sekä huuhtelut standardien antaman vaihtelun puitteissa. Lisäksi työssä vaihdettiin valmistuserää, testialustaa sekä

työstäjää, jotta saatiin selville, onko näillä vaikutusta pinnoitteen ominaisuuksiin. Valmiiden tuotteiden testaus suoritettiin standardien SFS-EN 1062-3 ja SFS-EN ISO 7783-2 mukaisesti.

Työn tavoitteet täyttyivät hyvin. Itse pinnoitteen koostumuksen muutoksista saatiin selvästi esille ne komponentit, joiden vaihtaminen tai määrän muuttaminen valmistuskaavassa vaikuttaa tuotteen vedenläpäisyominaisuuksiin.

Juoksevan veden hyödyllisyyttä huuhteluissa tulee tämän työn tulosten perusteella tutkia lisää. Alustan vaihdos saattaisi tämän työn valossa olla suositeltavaa vesihöyrynläpäisytesteihin, mutta lisätestit ovat tämänkin muutoksen suhteen toivottavia. Standardin mukaisesti tehtyjen testien tulokset ovat vertailukelpoisia sekä aiemmin saatuihin tuloksiin että keskenään.

Muiden mittausten ja testien avulla varmennettiin, etteivät tuotteen varastointi-, säilytys- ja työstöominaisuudet kärsi valmistuskaavan muutoksista liikaa.

Kaikki tulokset olivat sekä käyttökelpoisia että hyödyllisiä tulevan tuotekehityksen kannalta.

Lähteet

- 1 Konserni. 2012. www-dokumentti. <www.tikkurilagroup.com/fi/> Luettu 16.5.2012.
- 2 Kosteus rakennuksissa RT 05-10710. 1999. Ohjetiedosto. Rakennustietosäätiö.
- 3 Turunen, Hannu. 2010. Sähkömagnetismi, termofysiikka ja aallot. Luentomateriaali. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 4 Kosteuden siirtyminen. 2008. www-dokumentti. Sisäilmayhdistys ry.
<http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/kosteuden_siirtyminen/> Luettu 25.3.2012.
- 5 Schultze, W. 1997. Aqueous Silicone-Resin Coating Systems for Exteriors otteena Hans Mayerin kirjoittamassa artikkelissa The chemistry and properties of silicone resins: network formers (in paints and renders)
- 6 Silicone resins – structure and properties. 2012. www-dokumentti.
<<http://www.dowcorning.com/content/discover/discovertoolbox/forms-resins-structure.aspx>> Luettu 9.4.2012
- 7 Brock, Thomas - Groteklaes, Michael - Miscchke Peter. 2000. European Coatings Handbook. Hannover: Vincentz Verlag
- 8 SFS-EN 1062-3. 2008. Determination of liquid water permeability. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 9 SFS-EN ISO 7783-2. 1999. Determination and classification of water-vapour transmission rate. Suomen standardisoimisliitto SFS.
- 10 SFS-EN 15824. 2009. Spesifikaatio orgaanisiin sideaineisiin pohjautuville ulkorappauslaasteille ja sisätasotteille. Suomen standardisoimisliitto SFS.

Versioiden selitteet

Taulukko 1. Versioiden selitteet ja tehdyt kaavamuutokset

Versio	Selite (vedenabsorptio)	Selite (vesihöyry)
A1	Silikonihartsipinnoitteen referenssiversio 1	
14s	2 vkoa kuivunut, huuhtelu seisovassa vedessä	
14j	2 vkoa kuivunut, huuhtelu juoksevassa vedessä	
28sA	4 vkoa kuivunut, huuhtelu seisovassa vedessä, työstäjä A	
28sB	4 vkoa kuivunut, huuhtelu seisovassa vedessä, työstäjä B	
28sC	4 vkoa kuivunut, huuhtelu seisovassa vedessä, työstäjä C	
48j	4 vkoa kuivunut, huuhtelu juoksevassa vedessä	
48s	6 vkoa kuivunut, huuhtelu seisovassa vedessä	
11s	11 vkoa varastoitu, huuhtelu seisovassa vedessä	
A2	Silikonihartsipinnoitteen referenssiversio 2	
1	tuotantoerän vaikutus	
2	vastapinta epoksoimatta	
3		polyetyleni
Maali A	silikonihartsimaali	applikointipahvi
Maali B	silikonihartsimaali	polyetyleni
B	Eri sideaineiden tutkinta akrylaattipinnoitteessa, samat muutokset kuin silikonihartsipinnoitteessa	
1	akrylaattipinnoitteen referenssiversio	
2	Sideaine jauhatuksen jälkeen, dispergointiaineen vaihto, kuidun vaihto, kalvonmuodostajien vähentäminen, biosidimixin muutos	
3	Sideaine korvattu vaihtoehtoisella sideaineella 3	
4	Sideaine korvattu vaihtoehtoisella sideaineella 4	
C	Kuidun vaihtaminen, kuitumäärien muuttaminen	
1	0,5 x kuitua 1	
2	kuitu 2	
3	0,5 x kuitua 2	
4	kuitu 3	
5	0,5 x kuitua 3	
D	Liutotteiden testaus	
1	Poistettu aukioloajan pidentäjä	
2	Kalvonmuodostajien määrä pienennetty kolmannekseen	
E	Vähennetään silikonihartsin määrää (sideaine 2) kolmanneksella ja muutetaan sideainesuhdetta	
1	Lisätty sideainetta 1 siten, että kiinteä polymeerimäärä pysyy samana	
2	Vähennetty sideainetta 1 ja lisätty sideainetta 3 siten, että kiinteä polymeerimäärä pysyy samana	
3	Vähennetty sideainetta 1 ja lisätty sideainetta 4 siten, että kiinteä polymeerimäärä pysyy samana	
4	poistettu silikonilisäaine	

Koemaalaamon lausunto, versiot A1 sekä B1 – B4

Tikkurila Oyj	Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen/Laboratorioteknologia	Sivu 1(1)
Toimintaprosessien ohjeistus	Lomake	Dok.no.
Laatinut/Päivittänyt	Hyväksynyt	Hyväksymispvm
Ari Ahl / Ritva Toivola	Ari Ahl	X.X.2011

Uusi versio 29.9.2011. Ylätunniste on päivitetty.

KOEMAALAAMON LAUSUNTO

Pinnoitteet ja laastit

Tilaaaja / pvm: Krista 2.4.12

Tekijä / pvm:

Finngard

Kisa!

Pohjan laatu: ☒ Lujalevy ☐ Ylitasoitettu levy ☐ Kipsilevy ☒ Pohjamaalattu :lla
☐ Lecaharkko ☐ Muu Silikonihartsimaali
 Työstö: ☐ Teräslasta ☐ Tasoitelasta ☐ Tela ☐ (Kalkki)harja ☒ Muovihierrin ☐ Solukumihierin
☐ Muu _____
☒ 1x ☐ 2x tasoitus ☒ Hierto

Arvostelu: Hyvä, Tyydyttävä, Välttävä ja Huono

NÄYTTEET K1201004	A1	1.	2.	3.	4.
MÄRKÄPINTA					
TYÖSTETTÄVYYS	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä+	Hyvä
VISKOSITEETTI	ok	ok	ok	ok	ok - k
TUNTUMA (Liippaus / levitys)					
TARTTUVUUS /Tippuminen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä+	Hyvä
HIERRETTÄVYYS	Hyvä (jos liikaa tarraa)	Hyvä (jos liikaa tarraa)	Hyvä (jos liik. vähän)	Hyvä	Hyvä (jos)
VALMISPINTA					
TÄYTÄVYYS / Kutistuminen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
HALKEILEMINEN (kyllä/ei)	ei	ei	ei	ei	ei
PINNAN KARKEUS (Pinnan laatu)					Silein
PÄÄLEMAALATTAVUUS (tai 2x levitys)					
KUIVUMINEN					
YLEISARVOSANA					
TYÖSTÖ	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä+	Hyvä
VALMISPINTA	Tyydyttävä	Tyyd.	Tyyd.	Tyyd.	Hyvä-
Paremmuusjärjestys	2.	2.	2.	2.	1.

Hierto pinta kaikissa "häntii" k:ssa vähiten

Koemaalaamon lausunto, versiot C1 – C5

Tikkurila Oyj	Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen/Laboratorioteknologia	Sivu 1(1)
Toimintaprosessien ohjeistus	Lomake	Dok.no.
Laatinut/Päivittänyt	Hyväksynyt	Hyväksymispvm
Ari Ahl / Ritva Toivola	Ari Ahl	



HYVÄKSYNYT
MS

Uusi versio 29.9.2011. Ylätunniste on päivitetty.

KOEMAALAAMON LAUSUNTO

Pinnoitteet ja laastit

Tilaaja / pvm: Knista 16.4.2012
 Tekijä / pvm: Finngard

Pohjan laatu: ☒ Lujalevy [] Ylitasoitettu levy [] Kipsilevy ☒ Pohjamaalattu :lla
 [] Lecaharkko [] Muu Silikonihartsimaali
 Työstö: [] Teräslasta [] Tasoitelasta [] Tela [] (Kalkki)harja ☒ Muovihierrin [] Solukumihierin
 [] Muu
☒ 1x [] 2x tasointa ☒ Hierto

Arvostelu: Hyvä, Tyydyttävä, Välttävä ja Huono

NÄYTTEET K1202020	1.	2.	3.	4.	5.
MÄRKÄPINTA					
TYÖSTETTÄVYYS	Hyvä	Hyvä -	Hyvä	Hyvä	Hyvä
VISKOSITEETTI	OK	OK (hieman kuiva)	OK	OK	OK
TUNTUMA (Liippaus / levitys)	Hyvä	Hyvä -	Hyvä - kuiva	Hyvä - kuiva	Hyvä kuiva
TARTTUVUUS /Tippuminen	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä -	Hyvä
HIERRETTÄVYYS	Hyvä -	Hyvä	Hyvä (hierto ei piirrä)	Tydy. hant.	Hyvä
VALMISPINTA			luukun kivien päällä		Saa sopivan määrän, Pyörii laakerilla
TÄYTTÄVYYS / Kutistuminen	Kaikkissa		huono		
HALKEILEMINEN (kyllä/ei)	ei	ei	ei	ei	ei
PINNAN KARKEUS (Pinnan laatu)	Kaikkissa		hierto jää hanttiin		
PÄÄLEMAALATTAVUUS (tai 2x levitys)					
KUIVUMINEN					
YLEISARVOSANA					
TYÖSTÖ	Hyvä	Hyvä -	Hyvä	Hyvä	Hyvä
VALMISPINTA	Tydy.	Hyvä -	Tydy.	Tydy.	Hyvä -
Paremmuusjärjestys	3.	1.	2.	4.	1.

Koemaalaamon lausunto, versiot A2 sekä D1 ja D2

Tikkurila Oyj	Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen/Laboratorioteknologia	Sivu 1(1)
Toimintaprosessien ohjeistus	Lomake	Dok.no.
Laatinut/Päivittänyt	Hyväksynyt	Hyväksymispvm
Ari Ahl / Ritva Toivola	Ari Ahl	X.X.2011

Uusi versio 29.9.2011. Ylätunniste on päivitetty.

KOEMAALAAMON LAUSUNTO

Pinnoitteet ja laastit

Tilaja / pvm:

Tekijä / pvm:

Finngard

Pohjan laatu: ☒ Lujalevy [] Ylitasoitettu levy [] Kipsilevy ☒ Pohjamaalattu :lla
 [] Lecaharkko [] Muu Silikonihartsimaali
 Työstö: [] Teräslasta [] Tasoitelasta [] Tela [] (Kalkki)harja ☒ Muovihierin [] Solukumihierin
 [] Muu _____
☒ 1x [] 2x tasointa ☒ Hierto

Arvostelu: Hyvä, Tyydyttävä, Välttävä ja Huono

NÄYTTEET K1203022	1.	2.	A2
MÄRKÄPINTA (K1203022)			
TYÖSTETTÄVYYS	Hyvä -	Hyvä -	Hyvä -
VISKOSITEETTI	OK	OK	OK
TUNTUMA → (Liippaus / levitys) Hierto	H tarraa	Y tarraa	Ä tarraa
TARTTUUVUUS /Tippuminen	hyvä	Hyvä	Hyvä
HIERRETTÄVYYS	Kaikki	Tarraa ja Nostaa	lähtee mukc
VALMISPINTA Parasti			
TÄYTTÄVYYS / Kutistuminen	Huono	jo kaisessa	
HALKEILEMINEN (kyllä/ei)	ei	ei	ei
PINNAN KARKEUS (Pinnan laatu)			
PÄÄLLEMAALATTAVUUS (tai 2x levitys)			
KUIVUMINEN	-	-	-
YLEISARVOSANA			
TYÖSTÖ liippaus	Hyvä -	Hyvä -	Hyvä -
VALMISPINTA	Kaikkissa huono		
Paremmuusjärjestys			

[Http://intra.tpc.com/sites/rd/paints_rd/kivi/Jaetut asiakirjat/Koemaalaamon_lausunlomake_pinnoitteet_ja_laastit.docx](http://intra.tpc.com/sites/rd/paints_rd/kivi/Jaetut%20asiakirjat/Koemaalaamon_lausunlomake_pinnoitteet_ja_laastit.docx)
 Tulostettu 2.4.2012

Kaikissa sama täytettävyyys huono

Koemaalaamon lausunto, versiot E1 – E4

Tikkurila Oyj	Tuotteiden ja palveluiden kehittäminen/Laboratorioteknologia	Sivu 1(1)
Toimintaprosessien ohjeistus	Lomake	Dok.no.
Laatinut/Päivittänyt	Hyväksynyt	Hyväksymispvm
Ari Ahl / Ritva Toivola	Ari Ahl	X.X.2011

Uusi versio 29.9.2011. Ylätunniste on päivitetty.

KOEMAALAAMON LAUSUNTO

Pinnoitteet ja laastit

Tilaaaja / pvm:

Tekijä / pvm:

Finngard

Pohjan laatu: ☒ Lujalevy ☐ Ylitasoitettu levy ☐ Kipsilevy ☒ Pohjamaalattu :lla
☐ Lecaharkko ☐ Muu
 Työstö: ☐ Teräslasta ☐ Tasoitelasta ☐ Tela ☐ (Kalkki)harja ☒ Muovihierrin ☐ Solukumihierin
☐ Muu
☒ 1x ☐ 2x tasointus ☒ Hierto

Silikonihartsimaali

Arvostelu: Hyvä, Tyydyttävä, Välttävä ja Huono

NÄYTTEET K1203029	1.	2.	3.	4.
MÄRKÄPINTA				
TYÖSTETTÄVYYS	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
VISKOSITEETTI	OK	OK	OK	OK
TUNTUMA (Liippaus / levitys) Hierto	H	Y	V	A
	Tarraa	Tarraa	Tarraa	Tarraa
TARTTUUVUUS /Tippuminen	hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
HIERRETTÄVYYS	Kaikki tarraa ja lähtee mukaa.			
VALMISPINTA				
TÄYTTÄVYYS / Kutistuminen	Huono	jokaisessa		
HALKEILEMINEN (kyllä/ei)	ei	ei	ei	ei
PINNAN KARKEUS (Pinnan laatu)				
PÄÄLLEMAALATTAVUUS (tai 2x levitys)				
KUIVUMINEN	-	-	-	-
YLEISARVOSANA				
TYÖSTÖ Liippaus	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Hyvä
VALMISPINTA	Kaikki	Kissa	huono	
Paremmuusjärjestys				

Vedenabsorption kaikki tulokset

Taulukko 1. Kaikkien versioiden sekä alustojen eli nollien tulokset ja tulosten keskiarvot pinnotteiden vedenabsorptiolle w_{24} yksikössä $\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}^{0,5})$.

Versio	1	2	3	KA
A1:14s	0,29	0,18	0,20	0,22
A1:14j	0,25	0,19	0,20	0,21
A1:28sA	0,16	0,15	0,17	0,16
A1:28j	0,24	0,33	0,30	0,29
A1:28sB	0,14	0,14	0,15	0,14
A1:28sC	0,18	0,15	0,15	0,16
A1:48s	0,14	0,14	0,14	0,14
A1:11s	0,23	0,16	0,18	0,19
A2:1	0,20	0,17	0,17	0,18
A2:2	0,18	0,25	0,17	0,20
B1	0,06	0,06	0,05	0,06
B2	0,09	0,07	0,06	0,07
B3	0,05	0,04	0,04	0,04
B4	0,05	0,06	0,05	0,05
C1	0,17	0,16	0,15	0,16
C2	0,16	0,14	0,13	0,14
C3	0,17	0,15	0,18	0,16
C4	0,17	0,16	0,16	0,16
C5	0,28	0,19	0,26	0,24
D1	0,15	0,16	0,15	0,15
D2	0,13	0,12	0,11	0,12
E1	0,19	0,18	0,14	0,17
E2	0,09	0,10	0,08	0,09
E3	0,10	0,09	0,09	0,10
E4	0,17	0,17	0,13	0,16
0A	1,01	1,00	0,97	0,99
0B	1,09	0,88	1,00	0,99

Vesihöyrynläpäisevyyden kaikki tulokset

Taulukko 1. Kaikkien versioiden sekä alustojen eli nollien tulokset ja tulosten keskiarvot pinnoitteiden vesihöyrynläpäisevyyden s_d -arvoina (yksikkö m)

Versio	1	2	3	4	5	KA
A1:14s	0,238	0,212	0,236	0,264	0,226	0,24
A1:28sA	0,310	0,258	0,275	0,220		0,27
A1:48s	0,252	0,276	0,287	0,195	0,263	0,25
A1:11s	0,265	0,291	0,319			0,29
A2:1	0,245	0,280	0,230			0,25
A2:3	0,200	0,197	0,212	0,166		0,19
B1	0,733	0,796	0,830	0,964	0,739	0,81
B2	0,979	1,236	0,992	1,063	1,381	1,13
B3	1,934	1,568	1,817	1,848	1,724	1,78
B4	1,366	1,563	1,371	1,396	0,908	1,32
C1	0,188	0,215	0,187			0,20
C2	0,210	0,213	0,300			0,24
C3	0,234	0,194	0,260			0,23
C4	0,182	0,205	0,181			0,19
C5	0,190	0,194	0,194			0,19
D1	0,164	0,157	0,186			0,17
D2	0,292	0,304	0,288			0,29
E1	0,234	0,236	0,284			0,25
E2	0,424	0,426	0,552			0,47
E3	0,281	0,404	0,355			0,35
E4	0,199	0,228	0,251			0,23
OA	0,081	0,082	0,084	0,079	0,084	0,08
OB	0,051	0,055	0,054	0,056	0,056	0,05
OC*	0,059	0,059	0,061			0,06
Maali A	0,133	0,140	0,159			0,14
Maali B	0,084	0,081	0,082			0,08
*polyetyleenialusta						

Taulukko 2. Kaikkien versioiden sekä alustojen eli nollien tulokset ja tulosten keskiarvot pinnoitteiden vesihöyrynläpäisy nopeudelle V yksikössä $g/(m^2 \cdot d)$

Versio	1	2	3	4	5	KA
A1:14s	63,723	69,561	64,453	59,346	66,885	65
A1:28sA	53,022	60,805	57,886	68,101		60
A1:48s	61,291	56,913	55,211	73,209	59,102	61
A1:11s	63,237	58,535	54,157			59
A2:1	67,129	59,994	70,858			66
A2:3	77,019	78,479	73,939	89,018		80
B1	25,295	23,349	22,619	19,458	25,538	23
B2	19,458	15,323	18,971	18,241	14,593	17
B3	10,580	12,404	10,823	10,702	11,553	11
B4	14,350	12,769	14,350	14,107	21,038	15
C1	82,208	74,182	83,181			80
C2	75,641	74,668	56,913			69
C3	69,318	80,992	63,967			71
C4	86,586	78,803	87,003			84
C5	83,806	82,556	82,417			83
D1	93,952	96,593	85,057			92
D2	59,207	57,400	59,901			59
E1	69,399	69,074	59,346			66
E2	42,482	41,672	33,078			39
E3	58,697	44,104	49,130			51
E4	79,127	71,020	65,669			72
OA	257,326	247,840	240,787	258,542	241,274	249
OB	395,231	370,423	373,585	365,315	364,829	374
OC*	336,616	339,372	328,184			335
Maali A	107,179	102,639	94,045			101
Maali B	139,284	142,527	141,878			141
*polyetyleenialusta						